

УДК 656

И. Ю. Филипчик

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКЛАДА БЫТОВЫХ ТОВАРОВ В ПРОГРАММЕ ANYLOGIC

***Аннотация.** Данная имитационная модель логистического склада была разработана для оптимизации его работы. Она полностью описывает все складские операции и позволяет рассмотреть специфику работы склада как на макро-, так и на микроуровне, на протяжении длительного срока времени и может быть использована в складской логистике.*

***Ключевые слова:** Точность прогнозирования, эффективность логистической системы, производительность, сетевой метод моделирования, производственная мощность, перевалочная зона, участок обслуживания, имитационная модель*

I. Y. Filipchuk

SIMULATION DEPARTMENT OF WAREHOUSE BY THE INSTRUMENTALITY OF ANYLOGIC

***Abstract.** Simulation model of logistics warehouse was designed to optimize the work of the warehouse. It fully describes all warehouse operations and allows us to consider the specifics of the warehouse at both the macro and micro levels, over a long period of time and can be used in warehouse logistics.*

***Keywords:** Prediction accuracy, efficiency of logistics system performance, network modeling method, the production capacity, a transit zone, the site maintenance, simulation model*

І. Ю. Філіпчик

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ТОВАРІВ В ПРОГРАМІ ANYLOGIC

***Анотація.** Наведена імітаційна модель логістичного складу була розроблена для оптимізації його роботи. Вона повністю характеризує всі складські операції та дозволяє розглянути специфіку роботи складу як на мікро-, так і на макрорівні, впродовж потрібного часу експлуатації та може бути використана в складській логістиці.*

***Ключові слова:** Точність прогнозування, ефективність логістичної системи, продуктивність, мережевий метод моделювання, виробнича потужність, перевальна зона, ділянка обслуговування, імітаційна модель*

Введение. Оптимизация цепочки поставок от управления запасами до управления перевозками представляет собой сложную, многогранную задачу. Требуется приложить немало усилий, чтобы оставить конкурентов позади.

Склад является неотъемлемой частью любой цепи поставок. Эффективность всей структуры транспортной логистики в значительной степени зависит от эффективности управления запасами [1]. В этой статье рассмотрено управление складскими операциями с учетом всех параметров склада, его ресурсов и динамики перемещения продукта.

Часто довольно трудно заранее оценить потенциальную прибыль или убыток от реализации управленческих решений. Традиционно их принятие основано на опыте и интуиции, иногда решения принимаются на основе баз данных, созданных в программах

Microsoft Excel и *С1*. Эти подходы рискованны и далеки от современных систем поддержки принятия решений [2]. Одним из наиболее мощных средств, для анализа цепи поставок и минимизации риска в принятии решений, является имитационное моделирование. Оно имеет множество подходов, обеспечивающих точное прогнозирование логистических операций на протяжении длительного периода [3].

Цель работы – определение путей увеличения производительности логистической системы промышленного склада с помощью имитационного моделирования.

Материалы исследования. Промышленный склад состоит из внешнего и внутреннего участков обслуживания. Внешний участок охватывает операции поступления бытовых товаров на склад и отправки к заказчику. Этот участок обслуживается автопарком грузовых автомобилей, которые транспортируют груз в контейнерах. Внут-

© Филипчик И.Ю., 2015

ренный участок обслуживания охватывает перевалочную зону, соединяющую два участка склада: внутренний автопарк, состоящий из пяти вилочных автопогрузчиков, и два ряда стеллажей, находящихся друг напротив друга и вмещающих в себя по 40 ячеек каждый.

Задачами данной работы являются: повышение производительности логистического комплекса, путём выявления оптимального количества ресурсов внешнего и внутреннего участков (площадок обслуживания и вилочных погрузчиков), определение эксплуатационных критериев вилочных автопогрузчиков, таких как: «время включения», «часы движения» и «часы подъёма».

Это достигается путём построения логистической модели на основании расчётных значений производительности автопогрузчиков [4], вычислений интенсивности прибытия и отправки товаров с внешнего участка логистического комплекса [5 – 7], а также проведением наглядных экспериментов на созданной модели, которые при детальном описании взаимосвязей между транспортными операциями, дадут нам ответы на поставленные задачи данной работы.

Для создания модели склада был использован подход сетевого моделирования (*Network Based Modeling*) (рис. 1).

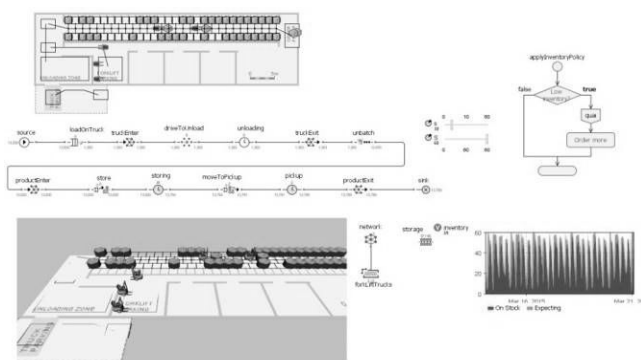


Рис. 1. Имитационная модель склада бытовых товаров

Этот метод подразумевает развитие компьютерной модели склада и тестирование её отдельным сетевым модулем, определяющим потребность ресурса для выполняемой операции [8]. Эксперименты обеспечивают недорогой метод низкого риска для определения оптимального набора парамет-

ров логистической системы разрабатываемого склада или её модернизации [9].

Для описания процесса прибытия грузовых автомобилей на внешний участок обслуживания применяется модуль (source). После прибытия автомобили автоматически попадают либо в очередь для разгрузки бытовых товаров, либо в очередь на формирование заявки получения товаров со склада. Очереди создаются модулем (loadOnTruck). Затем модулем (driveToUnload) задаётся время ожидания операции, а время затрачиваемое на проведение загрузочно-разгрузочных операций регулируется модулем задержки (unloading). Модули (truckEnter и truckExit) регулируют количество свободных площадок для коммисионирования на складе и показывают их состояние в каждый конкретный момент времени.

Логистическая система внутреннего участка обслуживания регулирует и задаёт точные траектории движения вилочных автопогрузчиков, путём распределения груза по ячейкам согласно эвристическому методу [10], тем самым существенно уменьшая путь транспортирования груза. При помощи модуля (productEnter) производится формирование необходимого количества вилочных автопогрузчиков для проведения операции коммисионирования. Путь и скорость движения автопогрузчиков к стеллажам задаётся модулем (store), а время обслуживания ячейки стеллажа контролируется модулем (storing). Затем, в зависимости от выполнения операции, модуль (moveToPickup) задаёт путь обратного движения вилочного автопогрузчика. В случае формирования заказа модуль (pickup) учитывает время работы автопогрузчика на перевалочном участке, а в случае заполнения ячеек склада товаром автопогрузчик едет непосредственно в автопарк и логическое значение модуля (pickup) имитационной моделью не учитывается.

Производительность вилочных автопогрузчиков задаётся формулой (1) в которой учитывается паспортная грузоподъёмность устройства (Q) и коэффициент её использования (K_{cp}), учитывающий среднюю массу перемещаемых грузов за определённый период времени (τ).

$$P_T = 3600 \cdot \frac{K_{sp} \cdot Q}{\tau} \quad (1)$$

Для определения общей производительности (Π) внутреннего участка обслуживания, в случае одновременной работы сразу нескольких вилочных автопогрузчиков (Z_M), используется формула (2).

$$\Pi = \frac{P_T \cdot K_H}{Z_M \cdot t_{3M} \cdot T_P} \quad (2)$$

В данных операциях учитываются также неравномерность поступления материальных потоков (K_H) и длительность всего рабочего процесса (t_{3M}). Общее количество рабочих часов оборудования рационально учитывать критерием временем включения его механизмов (T_P).

И заканчивается составление сквозного логистического потока участка внутреннего обслуживания модулем (sink), служащим для регулирования частоты использования автопарка, внутреннего участка обслуживания, и определения эксплуатационных характеристик используемой техники.

Соединяет внутренний и внешний участки обслуживания склада перевалочная площадка, представленная модулем (unbatch). Этот модуль определяет потребность ресурса внутреннего автопарка для выполнения операций формирования заказа.

Данная модель учитывает материальные графики прибытия грузов, включая изменения их объема и времени прибытия. Во время эксперимента собираются подробные складские статистические данные: темпы использования ресурса, продолжительности работы и длительности складских операций.

Путём анализа логистического склада бытовых товаров на основе составленной имитационной модели было определено, как количественные изменения производственных мощностей логистического склада повлияют на производительность операций его участков (транспортирования и погрузочно-разгрузочных), а также общую производительность складского логистического потока. Результаты представлены в таблице. В количественном анализе мощностей использовалась время, затрачиваемое на обслуживание

одного места внешнего участка обслуживания ($T_{вн}$) и время включение механизмов вилочных погрузчиков ($T_{вн}$). Для поисков рациональных путей увеличения общей производительности процесса изменялось, в процессе эксперимента, число мест обслуживания грузового транспорта и количество автопогрузчиков, задействованных на участках. Варьирование данными параметрами отражалось на производительностях как внешнего ($\Pi_{вн}$), так и внутреннего ($\Pi_{вн}$) участков обслуживания и показывало влияние на общую производительность промышленного склада ($\Pi_{общ}$).

Результаты эксперимента

Кол-во		T _{вн} , час	P _{вн} , шт/смена	T _{вн} , час	P _{вн} , шт/смена	P _{общ} , шт/смена
Площадок	Погрузок					
2	3	16	220	24	170	170
3	3	24	330	24	215	215
4	3	32	440	24	310	310
4	4	32	440	32	390	390
4	5	32	440	40	440	440
5	5	40	550	40	550	550

На основании полученных данных можно сделать вывод, что максимальная производительность достигается при увеличении количества мест обслуживания грузового транспорта до четырех, при этом оптимальное число вилочных автопогрузчиков должно быть равным пяти. Это увеличит общую производительность более чем на 250 %, а производительности на внешнем и внутреннем участках более чем в два раза.

Следует отметить, что дальнейшее увеличение количества вилочных автопогрузчиков является неэффективным потому, что производительность данного участка начинает превышать производительность участка внешнего обслуживания. Это влечёт за собой увеличение часов простоя автопогрузчиков и влияет на их эксплуатационные свойства, существенно снижая часы работы механизмов машин.

В свою очередь дальнейшее увеличение количества площадок обслуживания на внешнем участке требует существенного расширения внутреннего автопарка, что неуместно для данного вида склада. Так как

стеллажи на складе расположены друг напротив друга и доступ к стеллажам лежит всего через один пролёт, то с дальнейшим увеличением количества вилочных автопогрузчиков производительность участка возрастать не будет. Для её увеличения следует увеличить доступ к стеллажам с внешней и внутренней сторон, либо добавить ещё один стеллаж с таким же количеством ячеек.

Выводы. Имитационная модель склада бытовых товаров, созданная методом сетевого моделирования, наглядно определяет пути увеличения производительности логистической системы за счёт объединения внутреннего и внешнего складских участков в единый логистический поток. С высокой степенью точности данная модель указывает пути увеличения объемов производства и сокращения длительности транспортных операций. С точки зрения складских ресурсов, данная модель проводит анализ и оптимизацию численности автопарка, повышает эффективность его использования и показывает оптимальные эксплуатационные критерии автопогрузчиков.

Список использованной литературы

1. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник: 20-е изд / А. М. Гаджинский. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2012. – 484 с.
2. Савин В. И. Организация складской деятельности: Справочное пособие: 2-е изд / В. И. Савин. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2007. – 544 с.
3. Методы имитационного моделирования: [Электронный ресурс] // Производство. – Режим доступа: <http://www.anylogic.de/network-based-modeling.html> (дата доступа 27.03.2015).
4. Drozdova M., and Zboril F. (2010), Simulation of Queuing Systems using QS_PN_Simulation Tool. *SNE Educational Note*, Vol. 20, No. 1, April 2010, pp. 35 – 37.
5. Petzold M., Ullrich O., and Speckenmeyer E., (2010), Dynamic Distributed Simulation of DEVS Models on the OSGi Service. *SNE Educational Note*, Vol. 21, No. 3-4, December 2011, pp. 159 – 165.
6. Perl J.. (2010), Net-based Phase-Analysis in Motion Processes. *Mathematical and*

and Computer Modelling of Dynamical Systems, Vol. 16, No. 5, October 2010, pp. 465 – 475.

7. Quiros G., Jorewitz R., Epple U., (2011), Model-based Safety Monitoring of Produkt Flow Paths. *SNE Educational Note*, Vol. 21, No. 1, April 2011, pp. 27 – 37.

8. Durak U., Schmidt A., and Pawletta T., (2014), Ontology for Objective Flight Simulator Fidelity Evaluation. *SNE Educational Note*, Vol. 24, No. 2, Aug. 2014, pp. 69 – 79.

9. Heinzl B., Rößler M., Popper N., Landsiedl M., Dimitriou A., and Breitenecker F., (2012), Object-Oriented Modelling for Energy-efficient Production. *SNE Educational Note*, Vol. 22, No. 1, April 2012, pp. 33 – 39.

10. Heinzl B., Auer E., Slowacki B., Kowarik K., Reschreiter H., Popper N., and Breitenecker F., (2012), Physical Modelling for Hallstatt Archaeology. *SNE Educational Note*, Vol. 22, No. 1, April 2012, pp. 25 – 33.

Получено 31.03.2015

References

1. Gadzhinskiy A. M. Logistika: Uchebnik, [Logistics: Textbook: 20 ed], (2012), Moscow, Russian Federation, *Izdatelsko-torgovaya korporatsiya "Dashkov i K"*, 484 p. (In Russian).
2. Savin V.I. Organizaciya skladskoj deyatel'nosti: Spravochnoe posobie [Organization of Warehouse Operations: Handbook: 2nd ed], (2007), Moscow, Russian Federation, *Izdatelstwo "Delo i Servis"*, 544 p. (In Russian).
3. Metody imitacionogo modelirovaniya, [Methods of Simulation Modeling of] [Electronic Source] (In Russian), *Proizvodstvo*, available at: [dostupa: http://www.anylogic.de/network-based-modeling.html](http://www.anylogic.de/network-based-modeling.html) (accessed 27.03.2015).
4. Drozdova M., and Zboril F. (2010), Simulation of Queuing Systems using QS_PN_Simulation Tool. *SNE Educational Note*, Vol. 20, No. 1, April 2010, pp. 35 – 37.
5. Petzold M., Ullrich O., and Speckenmeyer E., (2010), Dynamic Distributed Simulation of DEVS Models on the OSGi Service. *SNE Educational Note*, Vol. 21, No. 3-4, December 2011, pp. 159 – 165.
6. Perl J.. (2010), Net-based Phase-Analysis in Motion Processes. *Mathematical and*

Computer Modelling of Dynamical Systems,
Vol. 16, No. 5, October 2010, pp. 465 – 475.

7. Quiros G., Jorewitz R., Epple U., (2011),
Model-based Safety Monitoring of Produkt
Flow Paths. *SNE Educational Note*, Vol. 21,
No. 1, April 2011, pp. 27 – 37.

8. Durak U., Schmidt A., and Pawletta T.,
(2014), Ontology for Objective Flight Simulator
Fidelity Evaluation. *SNE Educational Note*,
Vol. 24, No. 2, Aug. 2014, pp. 69 – 79.

9. Heinzl B., Rößler M., Popper N., Land-
siedl M., Dimitriou A., and Breiteneker F.,
(2012), Object-Oriented Modelling for Energy-
efficient Production. *SNE Educational Note*,
Vol. 22, No. 1, April 2012, pp. 33 – 39.

10. Heinzl B., Auer E., Slowacki B.,
Kowarik K., Reschreiter H., Popper N., and
Breiteneker F., (2012), Physical Modelling for
Hallstatt Archaeology. *SNE Educational Note*,
Vol. 22, No. 1, April 2012, pp. 25 – 33.



Филипчик
Иван Юрьевич,
ассистент каф.
подъемно-транспорт-
ного и робототехниче-
ского оборудования
Одесского нац. поли-
техн. ун-та.
E-mail:
ivanfilipchik@rambler.ru